

IPAD : L'IMPACT PRÉPONDÉRANT DE LA FABRICATION

La phase d'utilisation est loin d'être la plus nocive pour l'environnement...

Les émissions de gaz à effet de serre associées aux différentes étapes du cycle de vie des tablettes iPad fournissent des indications assez claires sur les moyens d'action des utilisateurs pour limiter l'impact environnemental de ces objets, comme l'illustre la figure ci-dessous, rassemblant les données d'Apple pour des iPad de différentes générations.

Pour les tablettes considérées, le transport représente de 3 à 11% des émissions totales. L'utilisation, quant à elle, est principalement influencée par la durée d'utilisation, ici supposée être de trois ans, et la provenance de l'électricité utilisée : une source d'énergie renouvelable émet moins de CO₂ qu'une centrale à charbon, par exemple. Sur les tablettes présentées, on note qu'entre 6 et 14% des émissions de gaz à effet de serre concernent la phase d'utilisation, contre 79 à 88% pour la phase de fabrication. Ainsi, l'impact de la fabrication est tel que faire durer les équipements le plus longtemps possible est primordial.

Le principal levier dont dispose un utilisateur pour réduire l'impact lié à cet objet connecté consiste donc à allonger sa durée de vie. Même si la génération suivante de l'objet présente une meilleure efficacité énergétique en phase d'utilisation, l'impact environnemental de sa phase de fabrication restant largement prépondérant, il est préférable de garder l'ancien modèle plutôt que d'acquiescer le nouveau.

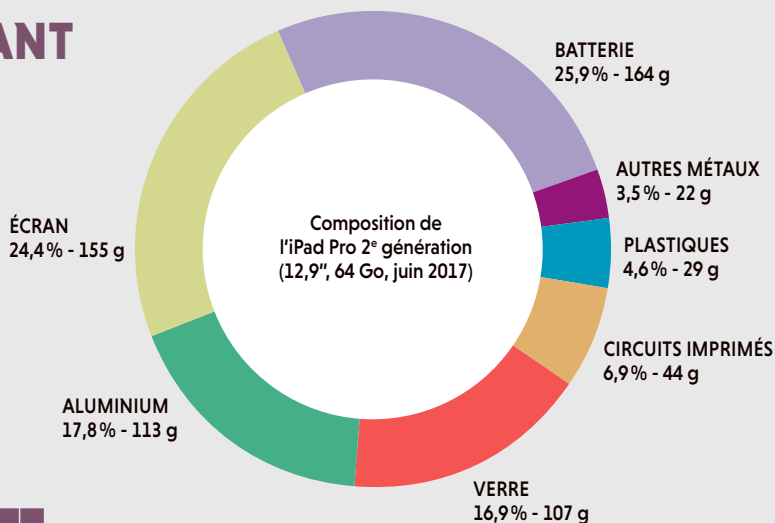
On remarque ainsi qu'une plus petite taille d'écran correspond à moins de matériaux et donc à des émissions totales de gaz à effet de serre moins élevées. Cependant, à taille d'écran identique, l'empreinte carbone peut aller du simple au double, par exemple entre le modèle

79 à 88% des émissions liées à ces tablettes concernent leur fabrication

de septembre 2015 (première génération de l'iPad Pro) et celui de juin 2017 (deuxième génération de l'iPad Pro).

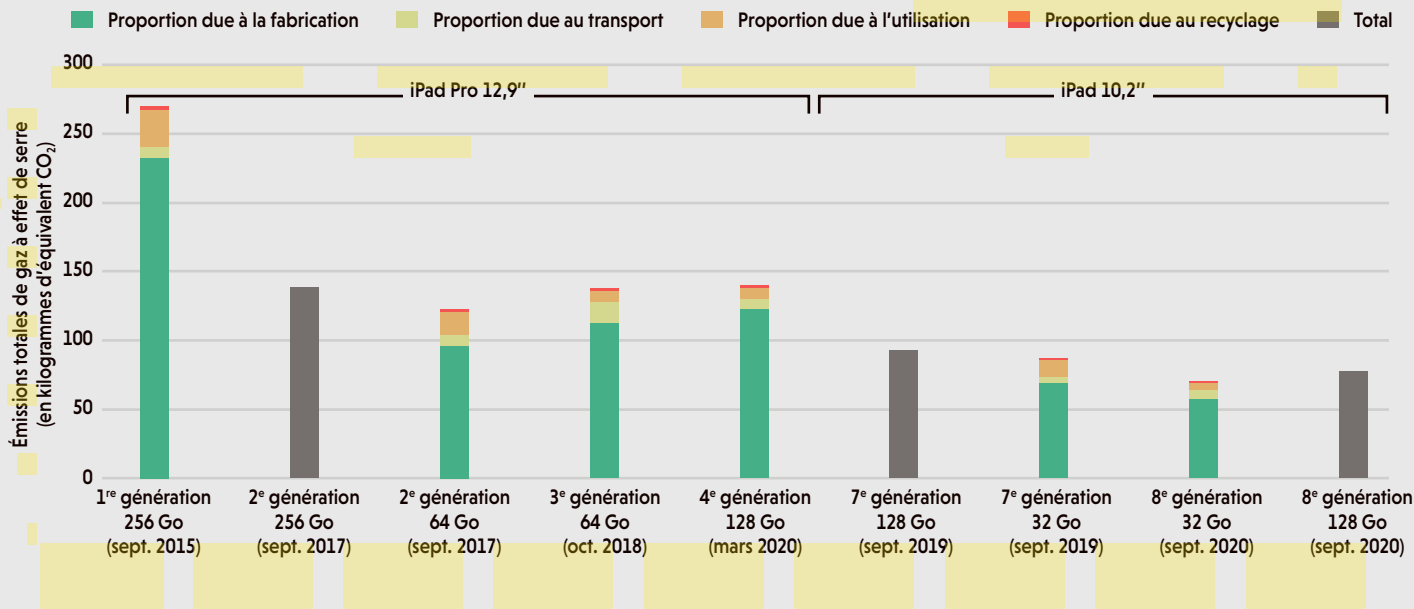
Les constructeurs font des efforts pour diminuer l'empreinte carbone des équipements qu'ils fabriquent. Cependant, ce n'est souvent pas le premier critère considéré dans les choix technologiques, comme le montre l'augmentation de l'empreinte entre le modèle de juin 2017 (deuxième génération de l'iPad Pro) et celui d'octobre 2018 (troisième génération de l'iPad Pro).

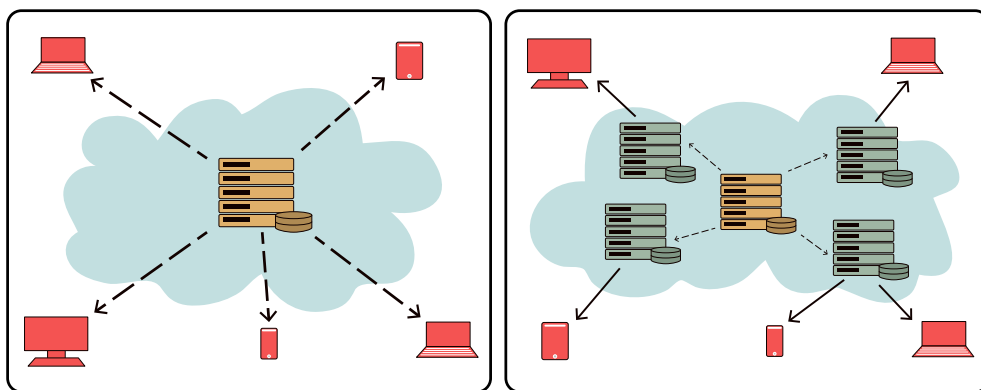
L'impact considérable de la fabrication est notamment dû aux nombreux matériaux nécessaires à cette phase (*ci-dessus*). Les éléments chimiques rencontrés dans un iPad sont



nombreux : aluminium, carbone, oxygène, fer, cuivre, silicium, cobalt, hydrogène, chrome, nickel, zinc, lithium, magnésium, étain, pour ne citer que les principaux. Un élément peut être présent en très faible quantité et avoir en même temps un impact important du fait de sa rareté, de sa difficulté d'extraction, de sa localisation géopolitique à l'état naturel ou encore des difficultés à le recycler. Aussi, ni les émissions de gaz à effet de serre ni le poids de l'objet ne traduisent ses impacts sur les ressources.

Les données sur l'utilisation des ressources sont difficiles à obtenir du fait des secrets industriels de fabrication et de la complexe intrication des éléments dans les composants assemblés pour fabriquer des équipements numériques. De plus, certains composés chimiques ne sont utilisés que lors de la phase d'extraction des ressources ou d'assemblage et n'apparaissent pas dans l'équipement final. De nombreuses améliorations demeurent à explorer pour réduire l'impact de la fabrication des équipements numériques, accroître leur durée de vie, améliorer leur réparabilité et faciliter leur recyclage.





Les plateformes de vidéo en ligne comme Netflix n'utilisent pas une architecture traditionnelle client-serveur (à gauche), où un serveur central fournit les données à de multiples utilisateurs, mais une architecture de type CDN (à droite), où les données sont répliquées dans plusieurs serveurs dans le monde qui les rapprochent géographiquement des utilisateurs.

EN CHIFFRES

**4,4
MILLIARDS**

En 2019, on estime qu'il y avait environ 4,4 milliards d'utilisateurs d'Internet dans le monde.

4 À 10 %

En 2019, le numérique (en prenant en compte le cycle de vie des équipements) aurait été responsable de 4 à 10 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre.

10 À 15 %

En 2019, le numérique aurait consommé 10 à 15 % de l'électricité mondiale.

**15 À 34
MILLIARDS**

En 2019, le numérique aurait compté entre 15 et 34 milliards d'équipements terminaux répartis entre 4,4 milliards d'utilisateurs dans le monde, soit entre 3 et 8 par personne en moyenne.

> émetteur vers un récepteur», où un flux de données est généré pour chaque utilisateur. Ce type d'échange accroît le trafic réseau proportionnellement au nombre d'utilisateurs, là où la diffusion hertzienne n'était pas dépendante du nombre d'utilisateurs, mais uniquement du nombre de contenus visibles simultanément à un instant donné.

À cause de ce trafic colossal et afin d'améliorer la diffusion de flux vidéo en ligne, les grandes plateformes ne peuvent pas utiliser des architectures centralisées traditionnelles de type client-serveur, comme pour les pages web. Au contraire, elles reposent sur des infrastructures de type CDN (pour *content delivery network*, «réseau de diffusion de contenu») où les données vidéo sont répliquées aux bons endroits dans les infrastructures mondiales, au cœur des réseaux et dans des centres de données, et géographiquement proches des utilisateurs (voir la figure ci-dessus).

Ces infrastructures redondantes, à hautes performances, permettent d'assurer un meilleur équilibre de la diffusion vidéo à l'échelle mondiale et de réduire l'usage des capacités du réseau de cœur (le réseau central sur lequel les autres reposent) sur de longues distances. Ce mode de distribution de contenu implique cependant qu'une vidéo donnée soit présente en de multiples exemplaires et formats, à de nombreux points du globe, à chaque instant, pour assurer une diffusion optimisée. Il mobilise ainsi un nombre colossal de serveurs dans des centres de données. Ainsi, en 2018, Timm Böttger et ses collègues, de l'université Queen Mary de Londres, ont estimé que Netflix utilisait au moins 8500 serveurs de distribution de contenu localisés dans plus de 600 centres de données, ces derniers n'appartenant pas à Netflix, mais à des opérateurs de réseaux.

On le voit, une donnée numérique, quelle qu'elle soit, traverse donc de nombreux équipements informatiques. On divise le monde matériel d'Internet en trois parties: les réseaux

(filaire et sans fil), les centres de calcul et de données (qui hébergent les serveurs), et les terminaux des utilisateurs (smartphones, tablettes, ordinateurs, objets connectés, etc.). Chacun de ces équipements génère des impacts sur l'environnement tout au long de sa vie (voir l'encadré pages 52-53).

UN RÉSEAU DE COMMUNICATION MONDIAL

L'impact des seuls réseaux de communication sur lesquels repose Internet est loin d'être négligeable. Ils sont hétérogènes, se partageant entre fils de cuivre, fibres optiques et réseaux sans fil. Toutes ces infrastructures s'appuient sur des équipements embarquant une fraction variée d'intelligence (routeurs, commutateurs, antennes, box...), chacun ayant son propre impact environnemental et sa propre durée de vie.

Par ailleurs, les opérateurs assurent une couverture nationale de plus en plus importante. Les technologies sans fil, notamment, >

5G : LA GRANDE INCONNUE

A lors que la 5G s'apprête à être déployée en France, son impact environnemental reste difficile à évaluer, car encore peu d'infrastructures réelles existent. Quelques estimations provenant de Chine, où la technologie vient d'être massivement déployée (fin juin 2020, l'opérateur China Mobile avait déjà mis en service 188 000 stations 5G dans 50 villes de Chine), suggèrent que la puissance consommée par une station 5G serait deux à trois fois plus élevée que celle consommée par une station 4G. À cela s'ajoutent le coût énergétique de fabrication des antennes 5G, de plus faible portée et donc plus nombreuses, la construction de smartphones compatibles et l'explosion d'objets connectés que la 5G va entraîner. À partir de quel seuil les avantages énergétiques qu'elle pourra fournir compenseront-ils ces effets néfastes ? C'est toute la question qu'il reste à explorer.